



Особенности Применения Специальных Методов Сейсмозащиты Железнодорожных Мостов

Шермухамедов Улугбек Забихуллаевич, Олимбоева Гулноза Алишер кизи

Ташкентский государственный транспортный университет

(Ташкент, Узбекистан)

Received 4th Apr 2023, Accepted 6th May 2023, Online 12th Jun 2023

Аннотация: Сейсмоизоляция широко применялась для проектирования автодорожных мостов в сейсмических регионах, применение её для железнодорожных мостов до сих пор редкость. В статье рассмотрены особенности применения специальных методов сейсмозащиты железнодорожных мостов.

Ключевые слова: железнодорожные мосты, сейсмоизоляция, сейсмическая нагрузка, опорная часть, смещения.

Железнодорожный транспорт имеет исключительное значение для жизнеобеспечения территорий, подверженных сейсмическим воздействиям, особенно в урбанизированных районах: при землетрясениях в местах [1].

Таким образом, обеспечение срочных перевозок в районах сильных землетрясений невозможно без принятия мер по повышению сейсмостойкости самих железных дорог, позволяющих осуществлять эти перевозки. Вопрос об этом поднимался специалистами Петербургского университета путей сообщения (ПГУПС) как в научной [2, 3], так и в учебной [4] литературе.

Основная проблема использования систем сейсмозащиты железнодорожных мостов в виде податливых опорных частей заключается в необходимости обеспечить нормальную эксплуатацию верхнего строения пути (ВСП). С этой целью в российских нормах на проектирование мостов «Мосты и трубы» [5] вводят жесткие ограничения на вертикальное и горизонтальное перемещение верха опоры при эксплуатационных нагрузках. Вертикальное перемещение должно быть не более 1 мм, а на горизонтальное накладывается условие:

$$u < 0,5 \cdot \sqrt{L} \quad (1)$$

В этой эмпирической формуле смещение u рассматривается в “см”, а пролет L задается в “м”.

Для дальнейших расчетов представим в следующем виде

$$u < \sqrt{L \cdot L_0} \quad (2)$$

L – длина пролетного строения, $L_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м.

В этом случае все величины подставляются с использованием одной размерности и предельные смещения получаются в той же размерности, т.е. в “м”.

В железнодорожных мостах с применением традиционных систем сейсмоизоляции, при которых используются резиновые или шаровые опорные части, условие (1) не удается выполнить. Исследование работы ВСП позволяет смягчить условие (2) и принять $a=0.01 \text{ м}^{1/2}$.

Если учесть теперь, что частота собственных колебаний опоры k , период T , жесткость C и приведенная масса M связаны соотношением

$$k = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{C}{M}} \quad (3)$$

то жесткость опоры можно представить в виде

$$C = \frac{4\pi^2 M}{T^2} \quad (4)$$

Если принять, что при действии тормозной нагрузки $Q = mgf$ ($f=0,1$, m – масса поезда), смещения достигают предельного значения, то получим следующее соотношение:

$$u = \frac{Q}{C} = \frac{g \cdot f \cdot T^2}{4\pi^2} \cdot \frac{m}{M} < \sqrt{L \cdot L_0} \quad (5)$$

Отсюда

$$T < 2\pi \sqrt{\frac{\sqrt{L \cdot L_0}}{g \cdot f \cdot \mu}} \quad (6)$$

где $\mu = \frac{m}{M}$

Формула (6) ограничивает предельный период колебаний моста с сейсмоизоляцией.

Зная предельный период системы и период колебаний опоры с жесткими опорными частями T_{pier} , можно оценить предельно возможную жесткость сейсмоизолирующих опорных частей C_{isol} .

$$C_{\text{isol}} = \frac{C_{\text{pier}} \cdot C_{\text{lim}}}{C_{\text{pier}} - C_{\text{lim}}} = \frac{4\pi^2 m}{T^2 - T_{\text{pier}}^2} \quad (7)$$

В США, Японии, Италии и других странах, ведущих транспортное строительство в сейсмических районах, сейсмоизоляция является основным средством обеспечения сейсмостойкости мостов [6].

Формула (7) существенно ограничивает возможности применения простой сейсмоизоляции для снижения сейсмических нагрузок на опоры железнодорожных мостов.

Метод сейсмоизоляции можно считать инновационным для железнодорожных мостов. Изоляторы вызывают увеличение основных периодов колебаний конструкции и, следовательно, уменьшение сейсмической нагрузки. Однако повышенная деформативность системы ведет к возрастанию перемещений ее элементов под нагрузкой. Это ответное действие является пагубным для железнодорожных конструкций. Рельс, т.е. длинная стальная сварная конструкция, не допускает значительных (абсолютных и относительных) перемещений между пролетами, а также между

пролетом и устоем, особенно в поперечном направлении, для обеспечения нормальной эксплуатации пути. Как следствие, сейсмоизоляция широко применялась для проектирования автодорожных мостов в сейсмических регионах; применение её для железнодорожных мостов до сих пор редкость.

При сейсмоизоляции сейсмоизолирующие элементы устанавливаются в виде податливых или скользящих опорных частей между опорами и пролетными строениями [7]. Основным вопросом при подборе систем сейсмоизоляции является обеспечение достаточного снижения сейсмических нагрузок (ускорений сооружения) при одновременном ограничении смещений пролетного строения относительно опоры. Для снижения смещений используются разного рода гасители колебаний (сейсмогашение) и ограничители перемещений.

Для железнодорожных мостов проблема сейсмоизоляции усложняется в связи с необходимостью обеспечить нормальную работу верхнего строения пути при эксплуатационных нагрузках.

Опорные сейсмоизолирующие устройства, примененные при строительстве железнодорожных мостов на олимпийских объектах в г. Сочи, не имеют аналогов в мировой практике сейсмостойкого строительства. Их высокие защитные качества обеспечиваются как при проектных, так и при максимальных расчетных землетрясениях. Эта система сейсмозащиты позволяет прогнозировать характер накопления повреждений в конструкции, сохранить мост в ремонтнопригодном состоянии в случае разрушительного землетрясения, а также обеспечивает нормальную эксплуатацию моста, не приводя к расстройству пути при эксплуатационных нагрузках.



Рис. 1. Стержневой амортизатор, установленный на одном из съездов железнодорожной линии Адлер — Сочи

Современные сейсмозащитные устройства поставляются в Российскую Федерацию ведущими западными фирмами Maurer Soehne [8] и FIP Industriale [9]. При этом фирмы заинтересованы скорее в продаже своей продукции, чем в обеспечении безопасности дорожной сети. Инженерный же состав российских проектных организаций не имеет необходимой квалификации для качественной проверки эффективности систем сейсмозащиты.

В сложившейся ситуации особый интерес представляет проект сейсмозащиты железнодорожных мостов, реализованный при строительстве новых линий в зоне г. Сочи в 2008–2012 гг. Здесь впервые за последние 20 лет были применены новые российские технологии сейсмозащиты, имеющие преимущества перед разработками ведущих мировых фирм.

В настоящее время основным способом сейсмозащиты мостов считается сейсмоизоляция опор за счет устройства податливых сейсмоизолирующих опорных частей, причем в мировой практике применяются резиновые или шаровые сегментные металлические опорные части. Эти устройства

детально описаны в литературе [4,7,10] и широко используются в практике строительства, но, как правило, для автодорожных мостов.

Заключение: Таким образом, можем сказать, что российские инженеры и ученые имеют достаточный потенциал, позволивший, в частности, разработать и внедрить новую систему сейсмозащиты железнодорожных мостов, не имеющую пока аналогов в мировой практике сейсмостойкого строительства.

Предлагаемые и уже примененные на практике устройства обеспечивают сейсмозащиту моста как при проектных, так и при максимальных расчетных землетрясениях. При этом прогнозируется характер накопления повреждений в конструкции (в данном случае смещений в ФПС) и гарантируется ремонтпригодность моста после разрушительных землетрясений. Это пока единственная в мире система сейсмозащиты, которая обеспечивает нормальную эксплуатацию моста, не приводя к расстройству пути при эксплуатационных нагрузках и проектных землетрясениях. Следует отметить, данное техническое решение может быть эффективно использовано не только при строительстве новых объектов, но и при ремонте и реконструкции мостов, когда требуется с минимальными затратами повысить класс сейсмостойкости сооружения.

Список использованной литературы

1. Шермухамедов, У. З. (2010). Проектирование сейсмостойких сооружений для условий Узбекистана. In Новые технологии в мостостроении (pp. 95-99).
2. Суконникова Т.В., Специальная сейсмозащита железнодорожных мостов, Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – СПб.: 2016. – 154с.
3. Воронец, В.В. Проблемы обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте в сейсмически опасных районах / В.В. Воронец, Ю.И. Ефименко, А.Е. Красковский, А.М. Уздин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2003. - № 5. - С. 55 – 57.
4. Белаш Т.А., Уздин А.М. Железнодорожные здания для районов с особыми природно-климатическими условиями и техногенными воздействиями: Учебник для вузов ж.д. транспорта. - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. - 372 с.
5. СП 14.13330.2018. строительство в сейсмических районах. Москва. 2018.
6. Shermuxamedov, U., Shaumarov, S., & Uzdin, A. (2021). Use of seismic insulation for seismic protection of railway bridges. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 02001). EDP Sciences.
7. Шермухамедов У.З. Гашение продольных сейсмических колебаний опор балочных мостов с сейсмоизолирующими опорными частями. Монография /Ташкент: Издательство «Complex Print», 2020. – 260 стр.
8. Шермухамедов, У. З. (2010). Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук. ПГУПС, Санкт-Петербург.
9. Хучбаров З.Г. Сейсмоизоляция автодорожных мостов // Фрунзе, КиргизНИИ. – 1986. – 58с.
10. Кузнецова, И. О., & Шермухамедов, У. З. (2009). Основные принципы многоуровневого проектирования мостов. Вестник ТашИИТа, 3, 22.

11. Кузнецова, И. О., Уздин, А., Шермухамедов, У. З., & Ван, Х. Б. (2010). Использование упругого полупространства для моделирования оснований при оценке сейсмостойкости больших мостов. Вестник гражданских инженеров, (3), 91-95.
12. Шермухамедов, У. З. (2010). Проектирование сейсмостойких сооружений для условий Узбекистана. In Новые технологии в мостостроении (pp. 95-99).
13. Шермухамедов, У. З., & Кузнецова, И. О. (2012). Влияние точности настройки динамических гасителей колебаний на сейсмостойкость мостов. Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, (41), 175-180.
14. Салиханов, С. С., & Шермухамедов, У. З. (2020). Мостовое полотно железобетонных мостов с использованием нового типа гидроизоляции. Путевой навигатор, (42), 30-32.
15. Зокиров, Ф. З., Маликов, Г. Б., & Рахимжанов, З. К. (2022). РАСЧЕТ ДЛИНЫ ВРЕМЕННЫХ ВОДОПРОФИЛЕЙ ПРИ ФУНДАМЕНТА МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ. Eurasian Journal of Academic Research, 2(12), 1253-1258.
16. Раупов, Ч. С., Маликов, Г. Б., & Зокиров, Ж. Ж. (2022). Методика Испытания Керамзитобетона При Кратковременном И Длительном Испытании На Сжатие И Растяжение И Измерительные Приборы. Miasto Przyszłości, 25, 336-338.
17. Shermuxamedov, U., & Karimova, A. (2022). СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН. Science and innovation, 1(A8), 647-656.
18. Шермухамедов, У. З., & Сергеева, К. М. (2011). Влияние точности настройки динамических гасителей колебаний на сейсмостойкость строительных конструкций. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, (2), 55-57.
19. Maurer Sohne. <http://www.maurer-soehne.com/>.
20. Fip INDUSTRIALE. <http://www.fip-group.it/>.